原著論文

骨格性下顎前突症患者の外科的矯正治療前後における 下顎運動の分析

菲澤 敏

An Analysis of Mandibular Movements after Surgical Correction of Skeletal Class III Malocclusion

Satoshi Nirasawa

Abstract : After surgical correction of skeletal class III malocclusions, their morphological and functional changes are observed. The functional changes of mandibular movements were analyzed from a three-dimensional standpoint in this study.

In regard to protrusion and lateral excursions, the range of motion of incisal and condylar points between intercuspal position and each occlusal border position was measured. In regard to maximum opening movement, amount of opening at incisal points and the range of motion of the condylar points was measured.

The results were as follows :

1. The range of motion between intercuspal position and each occlusal border position increased after surgery for both incisal and condylar points. This is due to the stylomandibular ligament restricting each occlusal border position which moves backward by sagittal splitting osteotomy and to the correction of occlusal interference during protrusion before surgery.

2. The amount of maximum opening in maximum opening movement showed little change, but the range of motion of the condylar path showed an increasing tendency after surgery. It is suggested that there is close relationship between the change of the range of motion of condylar points and the morphological change of the ramus.

Key words : skeletal class III malocclusion, mandibular movement, condylar movement, three-dimensional analysis

I. 結 言

著しい顎の変形を伴う骨格性下顎前突者に対しては、矯正治療だけでは審美性と機能の改善が困難であるため、外科手術を併用した外科的矯正治療が行われている。この治療法により、骨や軟組織などの顎顔面形態とともに顎口腔系の機能も著しく変化する。

そこでこれまでに、治療前後における形態的、機能的変化に関する研究が行われて、治療の予後を評価することにより、臨床の治療術式の改善、向上へ大きく寄与してきた。その中で形態的变化については、X線規格写真などにより骨や軟組織の治療前後の変化が明らかにされてきた^{1~4)}。また、機能的変化については、下顎運動^{5~10)}や筋活動^{11~13)}さらには咀嚼運動^{14,15)}などの面から評価されてきた。

このような術後評価のうち、下顎運動に関しては切歯点を標点とした分析が多く、様々な運動の変化について報告されている^{5~10)}。しかし、どのような機序で下顎運動機能が変化するのかについては、十分に解明されているとはい

新潟大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻（指導：河野正司教授）
Niigata University Graduate School of Dentistry Major in
Prosthodontics (Director : Prof. Shoji Kohno)
平成6年7月20日受付

表 1 被験者
Subjects

被験者	性別	手術法	計測時年齢		間隔	
			術前	術後	術前-術後	手術-術後
1	女性	L: O-D, R: O-D	16	19	3 年 6 カ月	2 年 1 カ月
2	男性	L: O-D, R: O-D	23	26	3 年 4 カ月	1 年 2 カ月
3	女性	L: O-D, R: BODY	22	25	3 年 1 カ月	1 年 4 カ月
4	男性	L: O-D, R: O-D	17	22	4 年 7 カ月	2 年 7 カ月
5	男性	L: O-D, R: O-D	24	28	4 年 1 カ月	7 カ月

L: 左側, R: 右側, O-D: 下顎枝矢状分割法, BODY: 下顎骨体切除術,

骨片の固定法は被験者 1, 2, 4 がワイヤー, 被験者 3, 5 がミニプレート

L: left side, R: right side, O-D: sagittal splitting osteotomy,

BODY: body osteotomy

The method of bone fixation with wire for subjects 1, 2, 4 was used,
and mini plate for subjects 3, 5

えない。外科的矯正治療により、下顎骨の形態は大きく変化するため、下顎運動機能の変化の様相を明らかにするには、切歯点における分析だけでは不十分であり、顎頭点を含めて 3 次元的に分析することが不可欠である。しかし、顎頭運動の変化に関しては、X 線規格写真を用いて矢状面における顎頭運動を記録して評価を行ったもの⁹⁾があるが、3 次元的に顎頭運動を記録した報告は、著者ら¹⁰⁾以外にはみあたらない。

そこで本研究では、骨格性下顎前突症患者の外科的矯正治療前後における下顎運動について 6 自由度の運動測定を行い、下顎運動の変化を 3 次元的に明らかにすると共に、形態的要素の変化も含めて検討を加えた。

II. 研究方法

1. 被験者

新潟大学歯学部附属病院にて外科的矯正治療が施行された骨格性下顎前突症患者 5 名を対象とした (表 1)。下顎運動の測定は、術前計測として術前矯正治療開始以前に、また術後計測として術後矯正治療終了後の保定期間中に行った。年齢は、術前計測時が 16~24 歳、平均 20.4 歳であり、術後計測時が 19~28 歳、平均 24.0 歳であった。術前の計測から術後の計測までの間隔は 3~4 年 7 カ月、平均 3 年 8 カ月であり、手術から術後の計測までの間隔は 7 カ月~2 年 7 カ月、平均 1 年 6 カ月であった。

手術法は、両側下顎枝矢状分割法が 4 名、片側下顎枝矢状分割法と片側骨体切除術 (後述の被験者 3 の右側) の併用が 1 名であった。いずれの被験者にも術前、術後とも顎関節に疼痛や雑音などの症状は認められなかった。

2. 下顎運動の測定と分析法

1) 測定法

下顎運動の測定には本学歯科補綴学第 1 教室で開発した下顎任意点運動測定システムを用いた¹⁶⁾。測定の水平基準

面は、左右側の平均的顎頭点と左側鼻下点の 3 点を含む平面である。ただし、平均的顎頭点は耳珠後縁と外眼角とを結ぶ線上で耳珠後縁から前方 12 mm の点とした。

測定する下顎運動は、咬頭嵌合位から最前方咬合位および最側方咬合位までの滑走運動、および咬頭嵌合位から最大開口位までの最大開口運動とした。記録にあたっては、これらの運動が円滑に遂行できるように、測定前に被験者には十分に練習をさせ、術者の手指による誘導は行わずに、被験者の自力による運動を測定した。各運動は 3~5 回測定し、測定時の目視および運動測定後に分析したディスプレイ上の軌跡にて運動経路の安定性を確認の上、各運動で移動距離が最も大きいものを選択し、分析データとした。

2) 分析法

下顎運動は切歯点および左右側の顎頭点を分析点として分析した。なお顎頭点は、解剖学的顎頭中央点¹⁷⁾を選択した。

(1) 分析項目

分析項目は、前方滑走運動と側方滑走運動における咬頭嵌合位から最前方咬合位および最側方咬合位までの各分析点の移動距離とした。また最大開口運動においては、咬頭嵌合位から最大開口位までの切歯点の開口量と顎頭点の移動距離を分析対象とした。なお、側方滑走運動における顎頭点の移動距離は非作業側顎頭点のみを分析対象とした。

また計測した移動距離は、最大開口運動の顎頭点の移動距離においては実移動距離とし、その他については各分析点の咬頭嵌合位から各限界位までの直線距離とした。

(2) 滑走運動における変化の評価法

各被験者ごとに下顎運動の変化の様相が把握できるように、次に記す方法によって、滑走運動と最大開口運動それぞれについて、術前後で計測結果の重ね合わせを行った。

滑走運動については、切歯点と顎頭点の運動を同時に把握することを目的として水平面投影経路により観察した。また、術前後では下顎骨の形態は変化しているため、左右

表 2 前方滑走運動における咬頭嵌合位から最前方咬合位までの移動距離の変化

Change of the distance between intercuspal position and protrusive occlusal border position

被験者	切歯点			顎頭点		
	術前	術後	差	術前	術後	差
1	6.94	6.00	-0.94	L 7.62	6.36	-1.26
				R 6.04	5.46	-0.58
2	4.00	5.41	1.41	L 4.32	6.22	1.90
				R 2.43	4.35	1.92
3	7.01	8.64	1.63	L 6.75	8.87	2.12
				R 1.24	7.70	6.46
4	3.08	8.33	5.25	L 3.48	8.39	4.91
				R 0.93	7.13	6.20
5	5.00	5.48	0.48	L 5.59	6.01	0.42
				R 4.66	5.15	0.49
平均値	5.21	6.77	1.56	4.31	6.56*	2.25
(標準偏差)	(1.57)	(1.42)	(2.05)	(2.16)	(1.37)	(2.60)

L: 左側, R: 右側, *: $p < 0.05$ (単位: mm)

差は (術後の値) - (術前の値) とした

L: left side, R: right side, *: $p < 0.05$ (unit: mm)

The post-operative value minus the pre-operative value were used to calculate the resulting change

表 3 Ar-Go 間の距離の変化

Change of the distance between Ar and Go

被験者	術前	術後	(術後-術前)
1	46.0	39.2	-6.8
2	61.7	54.6	-7.1
3	52.1	49.7	-2.4
4	55.6	49.3	-6.3
5	66.0	64.8	-1.2
平均値	56.3	51.5	-4.8
(標準偏差)	(7.0)	(8.3)	(2.5)

(unit: mm)

顎頭点と切歯点の3次元的位置関係を次の方法で求めた。下顎運動測定時に基準平面 (左右の平均的顎頭点と左側鼻下点) に対する上下顎歯列の位置関係を、顔弓により咬合器にトランスファーしている。そこで、咬合器上で左右の平均的顎頭点および下顎切歯点を3次元座標測定機 (東京精密社, Xyzax-s 400-32 A) にて測定し、平均的顎頭点については頭部X線規格写真から求めた解剖学的顎頭中央点との差を補正した。そして、左右顎頭点と切歯点の位置関係を水平面投影像として求め、左右の顎頭点を基準として術前後を重ね合せた。その上で、切歯点、顎頭点の術前後の水平面投影経路を評価した。

また、各被験者についてプロフィログラムを作製し、前方滑走運動時の移動距離と関係が深いと考えられる Ar (関節突起後縁と側頭骨下縁との交点) - Go (下顎隅角部最先端点) 間の距離を計測し、術前後を比較した。

(3) 最大開口運動における変化の評価法

最大開口運動に関しては、下顎骨の形態変化と運動変化が同時に把握できるように、側貌頭部X線規格写真 (以下

図 1 プロフィログラムの1例 (被験者1)

One example of profilogram (sub. 1)

セファログラムと記す) にて頭蓋および下顎骨をトレースし、頭蓋の諸構造を基準として術前後を重ね合せた。次いで、切歯点の開口量と顎頭点の移動距離から最大開口時の下顎の位置を求め、術前後の比較を行った。さらに、開口運動と関係が深いと考えられる項目として、SN に対する下顎枝の傾斜角である GZN を求め、術前後を比較した。

III. 結 果

1. 前方滑走運動における変化

1) 移動距離の変化

咬頭嵌合位から最前方咬合位までの切歯点および顎頭点のそれぞれの移動距離および術前後の差を表2に示す。

最前方咬合位までの移動距離の平均値と標準偏差は、術前は切歯点で 5.21 ± 1.57 mm, 顎頭点で 4.31 ± 2.16 mm であった。術後は切歯点で 6.77 ± 1.42 mm, 顎頭点で 6.56 ± 1.37 mm であり、平均では切歯点で 1.56 mm, 顎頭点で 2.25 mm の移動距離の増加が認められた。顎頭点においては5%の危険率で統計学的に有意差が認められた。

また、移動距離の術前後の差についてみると、被験者1を除いてはすべての症例において術後の方が術前よりも大きい値を示した。

2) プロフィログラム上の変化

プロフィログラムの1例を図1に、また Ar-Go 間の距離の術前後の値および差について表3に示す。Ar-Go 間の距離は、すべての被験者において術後の方が術前よりも小さい値を示した。また、Go の位置に注目すると、被験者1, 2, 4 においては、術前に正常者よりも前方位にあったのが、術後には正常値に近づく傾向が認められた。被験者3, 5 においては、Go の位置は術前後でほとんど変化がなかったが、被験者3では正常者よりも前方位にあり、

表 4 側方滑走運動における咬頭嵌合位から最側方咬合位までの移動距離の変化
Change of the distance between intercuspal position and lateral occlusal border position

被験者		切歯点			非作業側顆頭点		
		術前	術後	差	術前	術後	差
1	L	6.90	6.82	-0.08	6.36	6.49	0.13
	R	5.62	6.88	1.26	4.97	6.62	1.65
2	L	3.93	5.84	1.91	3.16	4.91	1.75
	R	5.46	5.94	0.48	4.40	5.41	1.01
3	L	5.76	8.44	2.68	5.68	8.11	2.43
	R	10.44	8.99	-1.45	9.50	9.05	-0.45
4	L	4.34	9.64	5.30	3.49	9.12	5.63
	R	4.77	7.47	2.70	4.37	7.45	3.08
5	L	4.82	9.16	4.34	4.54	8.38	3.84
	R	5.16	8.84	3.68	4.95	8.22	3.27
平均値		5.72	7.80*	2.08	5.14	7.38**	2.24
(標準偏差)		(1.76)	(1.32)	(1.98)	(1.70)	(1.39)	(1.72)

L: 左側, R: 右側, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (単位: mm)

差は (術後の値) - (術前の値) とした

L: left side, R: right side, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (unit: mm)

The post-operative value minus the pre-operative value were used to calculate the resulting change

表 5 最大開口運動における切歯点の開口量と顆頭点の移動距離の変化

Change in the range of motion and the length of the condylar path in maximum opening movement

被験者	切歯点の開口量			顆頭点の移動距離		
	術前	術後	差	術前	術後	差
1	26.2	34.3	8.1	L 10.05	19.96	9.91
				R 7.38	17.09	9.71
2	29.9	26.0	-3.9	L 6.92	7.69	0.77
				R 5.58	4.95	-0.63
3	32.8	31.9	-0.9	L 15.08	15.55	0.47
				R 14.64	13.86	-0.78
4	30.7	29.7	-1.0	L 6.38	17.48	11.10
				R 4.78	11.94	7.16
5	37.8	41.8	4.0	L 14.12	17.60	3.48
				R 12.87	14.28	1.41
平均値	31.5	32.7	1.2	9.78	14.04*	4.26
(標準偏差)	(3.8)	(5.3)	(4.3)	(3.85)	(4.46)	(4.49)

L: 左側, R: 右側, *: $p < 0.05$ (単位: mm)

差は (術後の値) - (術前の値) とした

L: left side, R: right side, *: $p < 0.05$ (unit: mm)

The post-operative value minus the pre-operative value were used to calculate the resulting change

被験者 5 では正常者よりも下方位にあった。

2. 側方滑走運動における移動距離の変化

咬頭嵌合位から最側方咬合位までの移動距離は表 4 に示すごとく、術前は切歯点で 5.72 ± 1.76 mm, 非作業側顆頭点で 5.14 ± 1.70 mm であった。術後は切歯点で 7.80 ± 1.32 mm, 非作業側顆頭点で 7.38 ± 1.39 mm であり、平

表 6 GZN の変化
Change of GZN

被験者	術前	術後	(術後-術前)
1	77.5	93.4	15.9
2	74.5	87.2	12.7
3	83.9	86.3	2.4
4	83.8	94.2	10.4
5	90.4	89.2	-1.2
平均値	82.0	90.1	8.0
(標準偏差)	(5.5)	(3.2)	(6.4)

(unit: degree)

均では切歯点で 2.08 mm, 非作業側顆頭点で 2.24 mm の移動距離の増加が認められた。切歯点では 5% の危険率で、顆頭点では 1% の危険率でそれぞれ統計学的に有意差が認められた。

また、移動距離の術前後の差についてみると、被験者 1 の左側方滑走運動の切歯点、さらに被験者 3 の右側方滑走運動を除いては、すべての症例において術後の方が術前よりも大きい値を示した。

3. 最大開口運動における変化

1) 移動距離の変化

最大開口運動における切歯点の開口量と顆頭点の移動距離の術前後の値および差について表 5 に示す。

切歯点の開口量の平均値と標準偏差は術前で 31.5 ± 3.8 mm, 術後で 32.7 ± 5.3 mm であり、術前後ではほとんど変化は認められなかった。一方、顆頭点の移動距離は術前で 9.78 ± 3.85 mm, 術後で 14.04 ± 4.46 mm であり、術後において 4.26 mm の移動距離の増加が認められた。顆頭点においては 5% の危険率で統計学的に有意差が認められた。

移動距離の術前後の差についてみると、開口量に関しては、2 名が術後に 4.0~8.1 mm 開口量が増加し、また 3 名が 0.9~3.9 mm 減少した。一方、顆頭点の移動距離は、被験者 2, 3 の右側で 0.63~0.78 mm 移動距離が減少しているが、その他はすべてにおいて術後に増加した。

2) セファログラム上の変化

下顎枝の傾斜角として求めた GZN の術前後の値および差について表 6 に示す。GZN はその変化が大きいもの、小さいもの様々であったが、ほとんど変化が認められなかった 1 例を除いて増加傾向を示した。

以上のように、平均値でみると切歯点の開口量を除いて、各分析点の移動距離は術後増加傾向を示した。しかし、個々の被験者について観察すると、術前から術後へと様々な運動の変化を示している。そこで次に、各被験者ごとの下顎運動の変化について述べる。

図 2 被験者 1 における下顎運動の変化
(左右顎頭点と切歯点を模式的に表示, 運動のスケールは 5 倍に拡大してある)
Change of mandibular movements in subject 1
(illustrating left and right condylar points and incisal point, the scale of the paths of the movements is five times as large as the triangle's)

図 3 被験者 2 における下顎運動の変化 (記号等は図 2 と同じ)
Change of mandibular movements in subject 2 (signs are the same with Fig. 2)

3. 各被験者にみられる変化

1) 被験者 1 (図 2)

前方滑走運動における移動距離は切歯点で 0.94 mm, 左右の顎頭点でそれぞれ 1.26 mm, 0.58 mm 減少している。側方滑走運動では切歯点の左側方滑走を除いて増加している。最大開口運動では切歯点の開口量, 顎頭点の移動距離ともに増加している。

2) 被験者 2 (図 3)

滑走運動では前方, 側方ともに移動距離は増加してい

る。最大開口運動では切歯点の開口量は減少しているが, 顎頭点の移動距離にはほとんど変化がない。

3) 被験者 3 (図 4)

滑走運動において, 右側方運動の切歯点と左側顎頭点で移動距離が減少しているが, その他の測定値については増加している。最大開口運動では切歯点の開口量, 顎頭点の移動距離ともに術前後でほとんど変化がない。

4) 被験者 4 (図 5)

滑走運動ではすべての項目で移動距離が著明に増加して

図 4 被験者 3 における下顎運動の変化 (記号等は図 2 と同じ)

Change of mandibular movements in subject 3 (signs are the same with Fig. 2)

図 5 被験者 4 における下顎運動の変化 (記号等は図 2 と同じ)

Change of mandibular movements in subject 4 (signs are the same with Fig. 2)

図 6 被験者 5 における下顎運動の変化 (記号等は図 2 と同じ)

Change of mandibular movements in subject 5 (signs are the same with Fig. 2)

いる。最大開口運動においては、切歯点の開口量がわずかに減少したが、顎頭点の移動距離は増加している。

5) 被験者 5 (図 6)

滑走運動では前方運動の右側顎頭点を除いて移動距離が増加している。最大開口運動においては切歯点の開口量、顎頭点の移動距離ともに増加している。

IV. 考 察

1. 研究方法について

本研究においては、6 自由度の下顎運動測定装置を用いて、骨格性下顎前突症患者の外科的矯正治療前後における下顎運動の変化を切歯点と顎頭点について分析した。従来の下顎運動の変化に関する研究は、MKG などの下顎運動解析装置を用いた切歯点部の運動分析がほとんどであった^{5,7-9)}。また、顎頭運動の変化に関しては、頭部 X 線規格写真を用いて切歯点と顎頭点の運動変化を 2 次元的分析したもの⁶⁾と、著者らが報告したもの¹⁰⁾があるのみである。外科的矯正治療に伴い、下顎骨の形態は大きく変化する。そのため、治療後の下顎運動機能の変化の機序を明らかにするには、本研究のごとく、6 自由度の下顎運動測定を行い、切歯点と左右側の顎頭点において 3 次元的分析することが必要不可欠である。本研究では、このような分析と併せて、形態的要素の変化についても検討して、下顎の 3 次元動態の変化の様相を視覚的に把握し、数量変化のもつ意味がより具体的に理解できるように努めた。

2. 実験結果について

1) 前方滑走運動について

今回の分析で、咬頭嵌合位から最前方咬合位までの移動距離は、術後において切歯点で平均 1.56 mm、顎頭点で平均 2.25 mm 増加するということが明らかとなった。この切歯点の移動距離の術後の増加については、安光⁹⁾も報告している。本研究では、著者らの先の報告¹⁰⁾と同様に、切歯点の運動と共に、顎頭運動についての分析も行っているが、これに関しても切歯点と同様、顎頭点は術後に移動距離の増加傾向があることが明らかとなった。

しかし、これは被験者 5 名の平均値を術前後で比較した場合の結果であり、前章で述べたように個々の被験者について運動を比較すると様々な変化を示している。そこで、次にその要因について考察する。

(1) 前方滑走運動における移動距離の増加の要因について

正常な顎機能を示す被験者であっては、下顎が最前方咬合位にある時に顎頭は顎関節内の顎路上にあり、顎関節内で顎頭はさらに前方移動が可能で、最大開口位の近傍において顎頭は最前方位を占める¹⁸⁾。このことから、下顎の最前方咬合位は、顎関節の構造以外の何らかの解剖学的構造

によって制限されているはずである。この点について河野¹⁹⁾は、前方咬合位では下顎は顎頭骨茎状突起と下顎角後縁の内面との間を走る茎突下顎靱帯などによって制限を受けるのではないかと記述している。また DuBrul²⁰⁾ は、茎突下顎靱帯は下顎の extreme protrusion でのみ緊張すると述べ、Burch²¹⁾ もこれと同様の報告をしている。

ところで、今回の被験者 5 名 10 側中、9 側で施行された下顎枝矢状分割法は、下顎枝内面では内側翼突筋を剥離して骨を分割し、歯列を含む骨片を後退させている。茎突下顎靱帯の一部は下顎骨に付着するが、大部分は内側翼突筋筋膜の内面に移行しているとする DuBrul の報告²⁰⁾を考えると、本手術法施行により茎突下顎靱帯は一般的には後退しているとするのは妥当性をもつ。よって、最前方咬合位までの切歯点と顎頭点の移動距離が増加した主要因の 1 つとして、下顎の前方位を規制する茎突下顎靱帯が手術により後退したことが挙げられる。したがって、術前後での最前方咬合位における切歯点の位置はほとんど変わらないはずである。このような傾向が被験者 1, 2, 5 で認められた (図 2, 3, 6)。

また Ehmer ら²²⁾は、本研究における被験者とは対照的に、下顎前方移動術を施行した Class II の被験者について、術前後の下顎運動を計測している。それによると、前方および側方運動量が術後に減少することを報告している。このことは、茎突下顎靱帯が下顎の前方位の規制因子であることの間接的な証拠となると考えられる。

(2) 術前後の最前方咬合位について

前項に記した被験者 1, 2, 5 であっても、術後に前方移動量の増加の著しくない症例が存在し、術前後で最前方咬合位の位置が完全には一致しないことが認められる。この要因としては、外科的矯正治療の術前矯正治療においては、dental compensation の解消のために上顎前歯は舌側へ、下顎前歯は唇側へ移動されることが多い²³⁾ということが考えられる。つまり、術前矯正治療で下顎切歯が唇側へ移動されることにより、その分だけ術後の切歯点の移動距離の増加量が差し引かれることになるであろう。このことは、切歯点の移動距離の増加量よりも、顎頭点の移動距離の増加量の方が大きい傾向を示したことからわかる (表 2)。

一方、被験者 3, 4 においては最前方咬合位における切歯点の位置が術前後で著しく異なっていた (図 4, 5)。この 2 名については、術前では前方滑走運動時に切歯点が著しく側方に偏位し、側方滑走運動と類似した経路をとっているのがわかる。これは、前方滑走運動が臼歯部で誘導されていて、それが咬頭干渉となって前方位が規制されていることによるものと思われる。手術により、歯列の後退とともに前歯部の overjet と overbite がほぼ正常値まで改善され、滑走運動時の臼歯部の干渉が除去されたことから、切歯点と顎頭点の移動距離が大きくなったと考えられ

る。このことは、側方滑走運動時に平衡側臼歯部に接触がある者では運動制限が認められるが、その接触を除去するような適正な歯牙ガイドを与えると、その制限が消失するとした西川の報告²⁴⁾によっても裏付けられる。

(3) 術前の移動距離について

骨格性下顎前突者においては前方滑走運動時の切歯点と顎頭点の移動距離が小さい。そこで、なぜ術前には移動距離が小さいのかという疑問が生じてくる。

柴田⁹⁾は、術前に移動距離が小さいのは、高度の咬合異常による外側翼突筋の運動失調によるもので、術後の移動距離の増加は手術による下顎骨形態の変化、下顎切歯点の後方移動、咬合改善による咀嚼筋群の機能向上などが原因であると考察している。しかし、これまでにこのような症例を対象として外側翼突筋の EMG 測定は行われておらず、この点の評価は今後の研究に委ねたい。

前述したような機序で、滑走運動時の移動距離が増加するならば、骨格性下顎前突者においては、下顎骨の過成長により莖突下顎靱帯の下顎骨への付着部である顎角部が、正常者よりも前方位あるいは下方位にあり、靱帯の可動範囲が狭いために、切歯点と顎頭点の移動距離が小さいものと推察できる。このことを確認するために、本研究においては Ar-Go 間の距離を計測したが、この仮説を裏付けるように、術後には Ar-Go 間の距離が短縮した (表 4)。このようなことに加えて、前述した咬頭干渉などの影響も多少あるものと思われる。

2) 側方滑走運動について

側方滑走運動において、咬頭嵌合位から最側方咬合位までの移動距離は、術後切歯点で平均 2.08 mm、顎頭点で平均 2.24 mm 増加した。これは、柴田⁹⁾、安光⁹⁾、著者ら¹⁰⁾の報告と一致する。そこで前方滑走運動と同様に、側方滑走運動において最側方咬合位を決定する因子について考察する。

Burch²¹⁾は、下顎の側方位では反対側の莖突下顎靱帯は緊張しないと述べている。しかし、術後の側方滑走運動時の非作業側顎頭の運動をみると、前方滑走運動時に比較してやや内方に偏位するものの、移動距離は平均 7.38 mm と前方滑走運動時のそれよりも 0.82 mm 大きい。このことから考えると、側方滑走運動時においても前方滑走運動と同様に、非作業側の莖突下顎靱帯がある程度規制因子として関与していることが考えられる。したがって、側方滑走運動において切歯点と顎頭点の移動距離が大きくなったことに関しても前方滑走運動と同様の機序が推察できる。

3) 最大開口運動について

最大開口運動における切歯点の開口量は、平均で 1.2 mm の増加であった。一方、顎頭点の移動距離は平均で 4.26 mm 増加した。しかし、これは被験者 5 名の平均値を比較した場合であり、1)、2) で述べた滑走運動と同様に、個々の被験者について比較すると多様な変化の様相を

示している。

開口量に関しては、増加したものの 2 名、減少したものの 3 名であった。また、そのときの顎頭点の移動距離についてみると、開口量が増加した 2 名では顎頭点の移動距離も増加している。一方、開口量が減少した 3 名のうち、2 名では顎頭点の移動距離にほぼ変化が認められなかったが、残りの 1 名においては顎頭点の移動距離が増加したにもかかわらず、開口量はわずかではあるが減少した (図 5)。

前述の柴田⁹⁾、安光⁹⁾は、骨格性下顎前突者の開口距離は術後有意に減少すると報告し、これは下顎骨の形態変化や下顎切歯点の後退によるみかけ上の運動距離の減少、手術による下顎枝前縁部における瘢痕形成、顎間固定による開口制限等が原因であるとしている。本研究では、顎頭の動態についても記録している。そこで、切歯点における開口量の変化の様相について、顎頭運動をも考慮に入れながら考察してみたい。

まず、手術による下顎切歯点の後退が開口量減少の因子となることに異論はない。また、顎頭点の移動距離の増減も開口量に影響を及ぼすと考えられる。この点に関して、セファログラム上で下顎枝の形態変化を表す指標の 1 つである GZN の変化と併せて検討を加えてみる。

最大開口時の下顎の位置を求めた図で、顎角部に注目すると、術後の下顎骨体の形態変化の多少にかかわらず、その位置は前後的にはほぼ一定のところにあった (図 2～6)。蔵本ら²⁵⁾は、頭位の変化が開口量の測定に及ぼす影響について調べ、頭部を後屈させたほうが開口量が大きくなることを明らかにし、開口量の変化には頸椎および下顎下部の構造物による制限が大きく関与しているのではないかと考察している。

これらのことを骨格性下顎前突者の術前後におけるセファログラム上での形態変化と対応させると、術後に GZN の値が大きくなった、すなわち下顎枝の角度が頭蓋に対して後方に大きくなったのであれば、術前よりも少ない開口量で顎角部が一定の位置に達し、開口が制限されるはずである。しかし、GZN の値が大きくなった被験者 1、4 では顎頭点の移動距離が大きくなり、この変化が少なかった被験者 3 では顎頭点の移動距離に著しい変化は認められなかった。したがって、頭蓋に対する下顎枝の角度は開口運動時の顎頭点の移動距離と密接な関係があると考えられる。

一方、被験者 2、5 においては GZN の変化と顎頭点の移動距離の変化との関係が認められなかった。顎頭の移動に関しては、外側翼突筋下頭が関係していると考えられている²⁶⁻²⁸⁾。したがって、このような被験者における顎頭点の移動距離の変化の要因、あるいは前述した歯牙滑走運動における顎頭点の移動距離の増加の要因について解明するためには、今後この点についてのさらなる検討が必要と思われる。

3. 下顎運動を規制する因子について

1) 前方滑走運動, 側方滑走運動について

前方滑走運動における下顎の最前方咬合位を規制しているのは、茎突下顎靱帯¹⁹⁻²¹⁾であろうことはすでに述べた。一方、これらを否定するような記述も多い。Liebgott²⁹⁾は、茎突下顎靱帯は下顎運動を特に制限するものではないと記述している。井出ら³⁰⁾は、下顎の最前方咬合位の決定要素は関節包と側頭下顎靱帯であり、茎突下顎靱帯は下顎位を規制するような役割は持たないとしている。しかし、顎頭の最前方位は下顎の前方咬合位ではなく、開口すると顎頭はさらに前方移動し、最大開口位で最前方位に達する¹⁸⁾ことから、この点については疑問がある。

このように、下顎の最前方咬合位を規制する解剖学的因子については統一した見解が得られていない。しかし今回の分析では、前者に従うことにより、骨格性下顎前突者の滑走運動における移動距離の増加の要因を解明することができた。したがって、下顎の最前方咬合位を規制しているのは茎突下顎靱帯であると考えられる。側方滑走運動に関しても同様のことがいえるであろう。

2) 開口運動について

開口量を規制する因子としては、構造因子として顎関節と下顎下部の構造物、そして解剖学的機能因子として閉口筋が挙げられる²⁵⁾。

(1) 顎関節

顎関節において、顎頭は最大開口時にその最前方位をとるとされている¹⁸⁾。しかし、これを規制する因子についても、最前方咬合位を規制する因子と同様に統一した見解は得られていない。

Rees³¹⁾は、顎頭の前方運動は関節円板と側頭下顎靱帯によって規制されると報告している。大石³²⁾は、新鮮屍体を用いた実験で、顎頭最前方位時には後方部の関節包は極度に伸延し、関節円板最厚部もさらに平坦化すると報告している。井出ら³⁰⁾は、最大開口位では側頭下顎靱帯後縁は最も緊張した状態にあり、関節円板は下顎頭に付着し、下顎関節腔を構成する靱帯様組織や関節包は最も緊張していると記述している。これらの報告から、顎関節において顎頭の最前方位を規制しているのは、主として側頭下顎靱帯、関節包、関節円板であると考えられる。

(2) 下顎下部の構造物

前述のように蔵本ら²⁵⁾は、頭位の変化が開口量の測定に及ぼす影響について調べ、頭部を後屈させたほうが開口量が大きくなることを明らかにしている。そして、頭部の後屈により頸椎と下顎下部の構造物による運動制限が除かれて、下顎の後下方への移動可能量が增大するとし、開口量に及ぼすこれらの因子の影響が非常に大きいと考察している。このことから、Baragarら³³⁾が最大開口位の規制因子であるとしている蝶下顎靱帯が、最大開口位を規制する状態になる前に、頭部と体幹の位置関係による規制が働く

のではないかと考えられる。

本研究で下顎運動測定に用いた下顎任意点運動測定システムでは、測定時に頭部動揺を抑えるために頭部固定を行っているため、頭部の後屈はできない。したがって、開口量は頭部固定を行わないで測定した本研究と同様のものの^{5,9)}よりも小さい値となった。しかし、運動の測定条件は術前後とも可及的に同一になるように努めているため、それらを比較することに問題はないと考える。

(3) 閉口筋

開口運動時に閉口筋に筋活動がみられるという報告がこれまでいくつかある。

MacDougallら³⁴⁾は、最大開口時に咬筋の活動が高いレベルに上昇することを示し、これを防御反応のためとしている。また、三浦³⁵⁾も同様の報告をしており、筋の自己受容性反射によるものと推測している。Griffinら³⁶⁾は、開口期における咬筋、側頭筋前部からの小さい活動を報告している。Gibbsら³⁷⁾は、側頭筋前部は開口期には低い活動レベルにあるが、最大開口ではわずかに活動レベルが上昇するとしている。

したがって、閉口筋も開口量を規制している可能性があるが、本研究においては閉口筋の筋活動を記録していないため、この点に関しては不明である。

(4) 開口量と顎頭運動

本研究により、開口運動においては術後に顎頭点の移動距離が増加傾向を示すということが明らかとなり、この変化と下顎枝の形態変化とが密接な関係があるということが示唆された。

このように、術後に顎頭点の移動距離が増加するという事は、術前には顎頭が顎関節の解剖学的規制を受ける位置まで前方移動していないものと思われる。その場合、最大開口位を規制しているのは、主として(2)で述べた下顎下部の構造物であると考えられる。

術後には、下顎枝矢状分割法により下顎枝の傾斜が後方に向かって大きくなる傾向があるため、術前よりも少ない開口量で下顎下部の構造物による制限を受けると考えられる。この規制を受けながらもさらに大きく開口するには、顎頭がさらに前方移動することが必要となる。そして、顎関節の解剖学的規制を受ける最大開口位に至るものと推察される。

このことから、開口運動において、顎頭は下顎骨体の下顎下部の構造的な制限を受けて可能な位置まで開口すると、それに応じて受動的に前方移動する。顎関節内で顎頭が最前方位までに達すると、これが下顎下部の構造物に加えて、開口量を制限する副次的な要素として働くようになると考えられる。

顎頭点の移動距離が増加しても、開口量が増大しない症例があるが、これは手術に伴い、下顎切歯点が後退することによるものであることはすでに述べた。

このように、2. 3) では開口量に関係すると考えられる因子について、また、3. 2) では開口量を規制する因子について考察したが、実際にはこれらの要素の相互作用によって、複雑に開口量が規定されているものと思われる。

4. 臨床に対する考察

これまでの考察からわかった事柄をもとに、下顎運動論の観点から臨床に対する考察を試みてみたい。

まず、各滑走運動における限界位を規制している茎突下顎靱帯は、内側翼突筋筋膜の内面に移行していることから、手術時に内側翼突筋を骨体とともに後方移動させれば、滑走運動における下顎の移動距離は増加するという事である。しかし、このように手術を行うと、内側翼突筋が伸展され³⁸⁾、術後の後戻りの原因の1つとなる可能性がある^{39,40)}と考えられるため、可及的に内側翼突筋を骨体とともに後方移動できればいいと思われる。

また、滑走運動時に臼歯部で干渉がないような適切なアンテリオールガイダンスを付与するということも、下顎運動の滑らかな制御のために必須であることが被験者3, 4の例からわかった。この際には、岩片⁴¹⁾が骨格性下顎前突者の矢状顎路傾斜度は正常者よりも小さいということを明らかにしているため、このことを考慮に入れて治療にあたる必要があると思われる。したがって、術前の下顎運動機能の検査の重要性が改めて示唆された。

V. 結 論

骨格性下顎前突症患者の外科的矯正治療前後における下顎運動の変化を、切歯点と顎頭点について分析した結果、以下の結論を得た。

1. 咬頭嵌合位から最前方咬合位および最側方咬合位までの切歯点と顎頭点の移動距離は、術後明らかな増加傾向を示した。この要因としては主として以下の2つが挙げられる。

1つは手術により最前方咬合位および最側方咬合位を規制する解剖学的因子、すなわち下顎と頭蓋間に存在する茎突下顎靱帯などが後退することであり、もう1つは術前の滑走運動時の臼歯部での咬頭干渉が、治療により取り除かれることである。

2. 最大開口運動において、切歯点の開口量は術前後でほとんど変化がなかった。一方、顎頭点の移動距離は、術後明らかな増加傾向を示した。この変化と、術後の下顎骨、特に下顎枝の形態変化とは密接な関係があることが示唆された。

以上のことは、骨格性下顎前突症患者の術後の下顎運動機能の変化は、それぞれの被験者における下顎骨の形態変化などの影響を複雑に受けた結果であることを示すものである。

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました河野正司教授に深甚なる謝意を表します。また、貴重なご助言を頂きました新潟大学歯学部口腔外科学第一教室中島民雄教授、小林正治助手ならびに新潟大学歯学部歯科矯正学教室花田晃治教授、森田修一助教授に心から感謝致します。

また、本研究に際し、終始ご助言をいただきました岩片信吾助手をはじめ、新潟大学歯学部歯科補綴学第一教室の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 篠倉 均, 内田春生, 広瀬久三ほか: 開咬を伴う構造的な顎前突症における外科的矯正治療の術後変化について, 日矯歯誌, 41: 369~380, 1982.
- 2) 江俣和代, 三谷英夫, 坂本敏彦: 骨格型下顎前突症に対する外科的矯正治療の影響—とくに軟組織側貌・咽頭部気道の形態および舌骨の位置変化について—, 日矯歯誌, 42: 69~84, 1983.
- 3) 土屋雅文, 吉田建美, 足立 敏ほか: 骨格性下顎前突症に対する外科的矯正治療前後の軟組織側貌変化について—手術前後の変化を中心として—, 日矯歯誌, 42: 168~177, 1983.
- 4) 伊東隆三, 浦野和雄, 市川和弘ほか: 骨格性下顎前突に対する外科的矯正治療前後の軟組織側貌の変化—水平距離計測による検討—, 日矯歯誌, 42: 178~185, 1983.
- 5) 柴田孝典: 下顎前突症における顎運動機能に関する研究, 歯科学報, 81: 241~265, 1981.
- 6) 吉野成史: 不正咬合の治療前後における顎運動変化—矯正・外科治療例の側貌X線セファログラム上の規格的解析, 歯科学報, 83: 1055~1097, 1983.
- 7) 北村 晃, 井口次夫, 鈴木弘之: 外科矯正術前, 術後におけるマンディブラーキネジオグラフの臨床的検討 (第1報), 日口外誌, 32: 1283~1292, 1986.
- 8) 高橋善男, 川村 仁, 遠藤義隆: 下顎枝矢状分割法を施行した骨格型下顎前突症の術後評価—顎運動の変化について—, 日口外誌, 33: 2159~2168, 1987.
- 9) 安光千昭: 下顎枝矢状分割法を施行した下顎前突症の術後評価—顎運動機能について—, 九州歯会誌, 44: 959~975, 1990.
- 10) 菲澤 敏, 岩片信吾, 平野秀利ほか: 骨格性下顎前突の外科的矯正治療前後における下顎運動の変化, 顎機能, 11: 133~138, 1993.
- 11) 小坂 肇: 下顎前突症患者における手術前後の筋電図学的研究, 歯科学報, 73: 715~748, 1973.
- 12) Ingervall, B., Ridell, A. and Thilander, B.: Changes in activity of the temporal, masseter and lip muscles after surgical correction of mandibular prognathism, Int J Oral Surg, 8: 290~300, 1979.
- 13) 向阪康彦: 下顎前突者の外科的矯正治療前後における咀嚼筋筋電図波形についての研究, 日矯歯誌, 44: 59~79, 1985.
- 14) 高橋善男, 川村 仁, 新保知子ほか: 下顎枝矢状分割法を施行した骨格型下顎前突症の術後評価—咀嚼機能の変化について—, 日口外誌, 32: 799~808, 1986.
- 15) 石川晴夫, 中村俊弘, 新井 孝ほか: 矯正治療前後における咀嚼運動の機能的分析—骨格性反対咬合者の治験例—, 顎機能,

- 10 : 13~20, 1992.
- 16) 林 豊彦, 塩澤恭郎, 加藤一誠ほか: 下顎運動の3次元測定解析システムの開発, 信学技報, MBE 82-32 : 55~62, 1982.
- 17) 加藤一誠: 切歯路傾斜度の顎頭運動に与える影響 第1報 矢状切歯路傾斜度, 補綴誌, 30 : 108~127, 1986.
- 18) 河野正司: 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動の研究, 補綴誌, 12 : 337~380, 1968.
- 19) 河野正司: ヒトの顎運動の特性, 窪田金次郎編, 咀嚼システム入門, 193~209, 風人社, 東京, 1987.
- 20) DuBrul, E.L. : Sicher's Oral Anatomy, ed. 4, 169~190, The C. V. Mosby Company, St. Louis, 1965.
- 21) Burch, J.G. : Activity of the accessory ligaments of the temporomandibular joint, J Prosthet Dent, 24 : 621~628, 1970.
- 22) Ehmer, U. and Broll, P. : Mandibular border movements and masticatory patterns before and after orthognathic surgery, Int J Adult Orthod Orthognath Surg, 7 : 153~159, 1993.
- 23) 花田晃治: 開咬または顔面非対称を伴う下顎前突の外科的矯正治療について, 日矯歯誌, 51 : 1~24, 1992.
- 24) 西川啓介: 顎運動と咀嚼筋活動に及ぼす咬合接触の影響, 補綴誌, 33 : 822~835, 1989.
- 25) 蔵本 誠, 河野正司, 石岡 克: 体位および頭位が開口量の測定におよぼす影響について, 顎機能, 9 : 149~156, 1991.
- 26) 高橋一也: 開口運動における外側翼突筋下頭・顎二腹筋前腹の筋電図学的研究, 補綴誌, 34 : 559~572, 1990.
- 27) 上田龍太郎: 外側翼突筋下頭の活動様式, 補綴誌, 36 : 94~107, 1992.
- 28) 平場勝成: ヒト外側翼突筋上頭・下頭の機能的相違について 2. 関節頭運動要素と筋活動量, 補綴誌, 36 : 328~339, 1992.
- 29) Liebgott, B. (小澤英浩) : The anatomical basis of dentistry (歯科学のための解剖学, 263, 西村書店, 新潟, 1984), 1982.
- 30) 井出吉信, 中沢勝宏: 顎関節 機能解剖図譜, 68, 98, クインテッセンス出版, 東京, 1990.
- 31) Rees, L.A. : The structure and function of the mandibular joint, Br Dent, J, 96 : 125~133, 1954.
- 32) 大石忠雄: 下顎運動の立場からみた顎関節構造の研究, 補綴誌, 11 : 197~220, 1967.
- 33) Baragar, F.A. and Osborn, J.W. : A model relating patterns of human jaw movement to biomechanical constraints, J Biomech, 17 : 757~767, 1984.
- 34) MacDougall, J.D.B. and Andrew, B.L. : An electromyographic study of the temporalis and masseter muscles, J Anat, 87 : 37~45, 1953.
- 35) 三浦不二夫: 筋電図法による咀嚼筋の活動様式に関する研究 (特に咬筋, 側頭筋, 顎二腹筋について), 口病誌, 23 : 291~320, 1956.
- 36) Griffin, C.J. and Munro, R.R. : Electromyography of the jaw-closing muscles in the open-close-clench cycle in man, Arch Oral Biol, 14 : 141~149, 1969.
- 37) Gibbs, C.H., Mahan, P.E., Wilkinson, T.M. et al : EMG activity of the superior belly of the lateral pterygoid muscle in relation to other jaw muscles, J Prosthet Dent, 51 : 691~702, 1984.
- 38) 山田建二郎, 三原理功, 米田尚登ほか: 下顎枝矢状分割法を施した骨格性下顎前突者の手術後短期間における下顎骨の位置変化, 日矯歯誌, 45 : 667~673, 1986.
- 39) Vijayaraghavan, K. : Post-operative relapse following sagittal split osteotomy, Br J Oral Surg, 12 : 63~69, 1974.
- 40) Nakajima, T., Kajikawa, Y., Tokiwa, N. et al : Stability of the mandible after surgical correction of skeletal Class III malocclusion in 50 patients, J Oral Surg, 37 : 21~25, 1979.
- 41) 岩片信吾: 骨格性下顎前突者の咬合に関する研究 第1報 前方滑走運動時における臼歯部の対合関係, 補綴誌, 34 : 921~928, 1990.